

Requested Patent: JP8211590A

Title:

COMBINED ATTENUATED-ALTERNATING PHASE SHIFTING  
MASK STRUCTURE AND FABRICATION METHODS THEREFOR ;

Abstracted Patent: EP0713142, A3 ;

Publication Date: 1996-05-22 ;

Inventor(s): BURN JENG LIN (US) ;

Applicant(s): IBM (US) ;

Application Number: EP19950118118 19951117 ;

Priority Number(s): US19940340992 19941117. ;

IPC Classification: G03F1/00 ;

Equivalents: JP2986086B2, KR174336, US5565286

#### ABSTRACT:

A structure and fabrication method for a phase-shifting lithographic mask wherein an attenuated phase-shifting mesh structure (Att PSM) is combined with an alternating-element phase shifting mask (Alt PSM) to provide a mask combination consisting of phase-shifted and unshifted attenuated backgrounds in which the phase-shifted attenuated backgrounds surrounds the unshifted components and the unshifted attenuated background surrounds the phase-shifted components. A substrate (10), composed for example of quartz, has discrete layers of phase shift material (12) such as silicon nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ). The phase shifter (12) provides a 180 degree phase shift to light transmitted through it. Transparent regions (14) which also may be composed of quartz are disposed on the phase shifters (12) and attenuator material (16) is disposed on the top of regions (14). The majority of the attenuator regions of the mask are slightly transmissive absorbers and  $\pi$  shifted openings such as the background (K) with respect to openings (C, E, G and J). The slightly transmissive,  $\pi$  shifted absorber (H, A and I) is composed, for example, of chromium plus a phase shifting layer. In the areas where isolated, small, opaque features are required, the unattenuated phase shifter (B) is used instead of the Att PSM. Where there are closely packed patterns (C, D, E, F and G), every other element (D and G) is shifted by  $-\pi$ . The shifted elements are each decorated by a rim that has the same transmission as the Att PSM but shifts  $3\pi$ . In the present configuration, each of the closely packed elements is surrounded by an attenuated phase shifter; whereas, it is also  $\pi$ -shifted respect to its close neighbor. The extra opaque line between the shifted and unshifted elements (H and I) do not print, because they are imbedded in a background of low transmission. These elements are  $3\pi$  shifted (equivalent to  $\pi$  shift) while the background area (K) is  $4\pi$  shifted (equivalent to zero phase shift).

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-211590

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A			C1, C7
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 P
				5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-283326

(22)出願日 平成7年(1995)10月31日

(31)優先権主張番号 3 4 0 9 9 2

(32)優先日 1994年11月17日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー  
ズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSIN  
ESS MASCHINES CORPO  
RATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 バーン・ジェング・リン

アメリカ合衆国 テキサス州 オースティ  
ン シャヴァノ ディーアール 3917

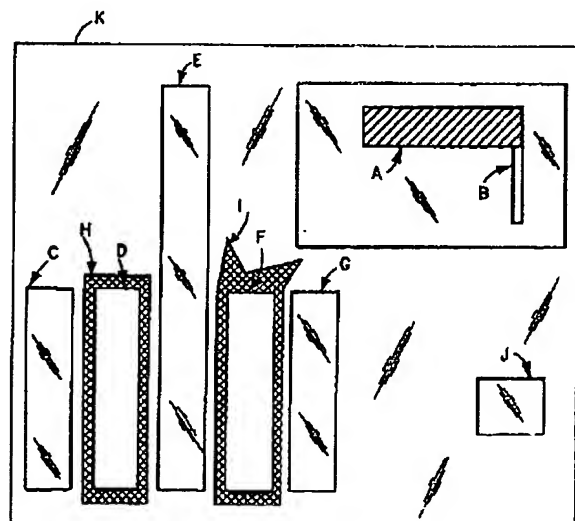
(74)代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

(54)【発明の名称】 位相シフト・マスクおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 位相シフト・マスクおよびその製造方法を提  
供する。

【解決手段】 減衰位相シフト・メッシュ構造は、交互  
位相シフト・マスクと組合されて、位相シフト背景およ  
び無位相シフト減衰背景よりなるマスク組合せを与え  
る。位相シフト減衰背景は、無位相シフト減衰背景を取  
り囲み、無位相シフト減衰背景は、位相シフト要素を取  
り囲む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に設けられた合成パターン物質を有する位相シフト・マスクにおいて、  
 実質的に透明な基板と、  
 前記基板の選択された領域上に設けられた放射線位相シフト物質の個別要素層と、  
 前記基板の選択された領域上に設けられた放射線減衰物質の個別要素層と、  
 前記放射線減衰物質の層の選択された領域上に設けられた放射線位相シフト物質の個別要素層とを備え、  
 前記放射線位相シフト物質の前記個別要素層は、隣り合う零ラジアン位相シフト物質と $\pi$ ラジアン位相シフト物質との分離交互領域に配置される、ことを特徴とする位相シフト・マスク。

【請求項2】請求項1に記載される位相シフト領域、無位相シフト領域、減衰領域を有し、前記位相シフト領域および減衰領域は、無位相シフト領域を取り囲み、前記無位相シフト領域および減衰領域は、位相シフト領域を取り囲むことを特徴とする位相シフト・マスク。

【請求項3】零ラジアン位相シフト要素を有する減衰領域と、 $\pi-\phi$ 位相シフト要素( $\phi$ は約 $30^\circ$ )を有する位相シフト領域とを有することを特徴とする請求項2記載の位相シフト・マスク。

【請求項4】 $2\pi-\phi$ 位相シフト要素をさらに有することを特徴とする請求項3記載の位相シフト・マスク。

【請求項5】 $3\pi-\phi$ 位相シフト要素をさらに有することを特徴とする請求項3記載の位相シフト・マスク。

【請求項6】 $4\pi-\phi$ 位相シフト要素をさらに有することを特徴とする請求項3記載の位相シフト・マスク。

【請求項7】位相シフト・マスクの製造方法において、  
 実質的に透明な基板上に透過吸収物質の層を設ける工程1と、

前記吸収物質上に位相シフト物質を設け、合成減衰位相シフト層を与える工程2と、

前記合成減衰位相シフト層上にフォトレジストの第1の層を設け、前記フォトレジストをパターンニングし、前記位相シフト物質、前記吸収物質、前記基板物質を画成してエッチングし、前記基板上に、基板物質と吸収物質と位相シフト物質との別個の個別部分のパターンを形成する工程3と、

工程3において形成された前記基板および個別部分上にフォトレジストの層を設ける工程4と、

前記フォトレジストを露光しエッチングして、位相シフト物質の前記個別部分の選択された領域上にエッチング・マスクを形成する工程5と、

位相シフト物質の前記個別部分をエッチングして、前記位相シフト物質の前記選択された領域を除去する工程6と、を含むことを特徴とする位相シフト・マスクの製造方法。

【請求項8】前記工程6における前記位相シフト物質を

リフトオフにより除去することを特徴とする請求項7記載の位相シフト・マスクの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、リソグラフィ、特に、フォトリソグラフィにおいて用いられる位相シフト・マスクに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】フォトリソグラフィにおいて、マスクは、被加工物にパターンを露光させるために用いられている。製造要件は、だんだんと小さくなる寸法のパターンの露光を要求しているため、フォトリソグラフィ処理の現在の性能を増大させることを可能にする技術を採用することが必要になりつつある。1つの手法は、過去におけるフォトリソグラフィに用いられる波長範囲の位相シフト技術を用いることである。

【0003】現在では、小さいフィーチャ(feature)すなわち小さい幾何学パターンは、普通の光学的フォトリソグラフィを用いて作成される。典型的には、光学的フォトリソグラフィは、マスク上の光学的に不透明な領域および光学的に透明な領域で作られたパターンによって、光を遮りまたは透過させることによって実現される。パターンの光学的に不透明な領域は、光を阻止し、これにより影を投じおよび暗領域を形成する。一方、光学的に透明な領域は、光を通過させ、これにより明領域を形成する。明領域および暗領域が一旦形成されると、これら領域は、レンズ上に投影され、およびレンズを経て基板上に投影される。しかし、パターンの複雑性を増大させる半導体デバイスの複雑性の増大、およびマスク上のパターン配置密度の増大の故に、2つの不透明領域間の距離が小さくなってきた。不透明領域間の距離が小さくなると、小さな開口が形成され、この開口を通る光を回折する。回折された光は、拡がりまたは曲がろうとする。その結果、2つの不透明領域間のスペースが解像されず、したがって回折は、光学的フォトリソグラフィに対し厳しい制限要因となる。

【0004】光学的フォトリソグラフィにおける回折の影響を処理する従来の方法は、前述したマスクに代わる位相シフト・マスクを用いている。一般に、光は波とみなされており、位相シフトは、透明物質を伝搬する光波の正則正弦パターンの波形のシフトのタイミングの変化である。代表的には、位相シフトは、異なる厚さの透明物質の領域、または異なる反射率の物質を通る、あるいはこれら両方の物質を通る光によって実現され、これにより光波の位相または周期的パターンを変化させる。位相シフト・マスクは、回折光と位相シフトした回折光とを組合せて建設的および破壊的干渉が好適に生じるようにして、回折の影響を軽減させる。

【0005】位相シフト・マスクの1種類の例として、交互エレメント位相シフト・マスクおよび理論の詳細な

説明が、“Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask”, I. E. E. E. Transactions on Electron Devices, Vol. ED-29, No. 12, December 1982に開示されている。

【0006】上記文献によれば、“Phase-Shifting and Other Challenges in Optical Mask Technology, (short course on phase-shift mask technology, SPIE Conference, 1991)で、Burn J. Linは、種々の位相シフト技術について述べている。これら技術は、密に配置されたアレイ内のすべての他のエッチングが位相シフトされる交互位相シフトと、与えられた光学系の解像限界以下のパターンのエッジ・コントラストを増大させるのに役立つ副解像(sub-resolution)位相シフトと、位相シフトがパターンのリム(周縁)でのみ生じるリム位相シフトなどである。Linは、5つの異なるフィーチャ・パターンについて各種の位相シフトをテストした。すべての5つのフィーチャ・パターンは、リム位相シフトによって改善された。

【0007】これらの位相シフトの他に、減衰位相シフトとして知られている他の技術がある。この技術では、マスク領域を囲む背景領域の減衰のための吸収物質を含むマスクが提供される。米国特許第5,288,569号明細書“FEATURE BIASING AND ABSORPTIVE PHASE-SHIFTING TECHNIQUES TO IMPROVE OPTICAL PROJECTION IMAGING”は、位相シフトを吸収性にすることが位相シフト・マスクの任意のレイアウトを容易にする、フォトリソグラフィ・システムを開示している。異なる吸収レベルの位相シフトを組合せることによって、さらなる改善が得られる。

【0008】この米国特許明細書は、また、吸収体を用いず、基板上の位相シフトのみがパターンニングの問題を有する他の構成について述べている。大きな位相シフト領域は、大きな位相遷移の故に、大きな暗いライン・イメージが生成され、エッジを除いてフィーチャの内外のあらゆる箇所にプリントされる。小さい領域では、エッジは互いに十分に接近しており、したがって完全に暗いフィーチャが生成される。互いに接近した多数の副解像位相シフト・フィーチャをグループ化することによって、大きな暗いイメージを生成することができる。本発明において説明される減衰位相シフト・マスクとは対照的に、位相シフトは完全に透明であるので、この特別な位相シフト・マスクは、非減衰(Utt)位相シフト・

マスクと呼ばれている。

【0009】本発明の技術に関連する他の文献は、以下のとおりである。

【0010】米国特許第5,045,417号明細書“MASK FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURE THEREOF”は、ICチップの超小形化および高集積化を実現する超小形化技術、および製造プロセスに用いられるマスクの改良に関係している。換言すれば、マスクを通る光の位相は、1つのマスク・パターン内で調整される。特に、透明膜は次のようにして形成される。すなわち、透明膜は、マスク・パターンを拡大または縮小することによって形成されたパターンに沿ってマスク・パターンを覆い、あるいはマスク基板内に溝を形成する。マスク基板を通る光と、透明膜または溝を通る光との間に、 $180^\circ$ の位相差が発生し、各光との干渉を生じさせ、互いをオフセットする。したがって、ウェハに転写されるパターンは、改善された解像度を有し、本発明に用いられる。

【0011】米国特許第4,902,899号明細書“LITHOGRAPHIC PROCESS HAVING IMPROVED IMAGE QUALITY”は、光化学露光領域の透過率を調整するために用いられるリソグラフィの解像度よりも小さい複数の不透明エレメントまたは透明エレメントを含むマスクを用いることによって、改善されたイメージ品質を有するリソグラフィ・プロセスを開示している。

【0012】米国特許明細書第4,890,309号明細書“LITHOGRAPHY MASK WITH A  $\pi$ -PHASE SHIFTING ATTENUATOR”は、次のようなリソグラフィ・システムを開示している。すなわち、マスクは、入射電磁波の一部を通過させ、マスクのオープン・フィーチャを通る電磁波に対し、 $\pi$ の奇数倍ラジアンだけ電磁波を位相シフトさせる減衰体を有している。減衰体を通る光の $\pi$ ラジアンの位相シフトは、回折効果から生じるエッジぶれを減少させる。この米国特許の発明は、X線リソグラフィ複写(replication)におけるフィーチャのエッジでの強度分布のスロープを、従来のX線マスクにより得られるスロープに対して、急峻にしている。急峻なスロープは、それが改善されたライン幅調整を可能にするので、かなり重要な利点である。

【0013】米国特許第4,885,231号明細書“PHASE SHIFTED GRATING BY SELECTIVE IMAGE REVEAL OF PHOTORESIST”は、ポジティブ・フォトレジストのリソグラフィにより画成された領域に、イメージ除去が生じるように調整されるシステムを開示している。そのようにして、簡単なホログラフィ格子の選択

的除去を実現して、格子のリソグラフィにより画成した格子領域内に $180^\circ$ 位相シフトを得る。このような位相シフト格子は、例えば、単一の長さ方向モード動作のために構成された半導体レーザに分布帰還を与えるのに有益である。

【0014】米国特許第4,806,442号明細書“SPATIAL PHASE MODULATING MASKS AND PRODUCTION PROCESSES THEREOF, AND PROCESSES FOR THE FORMATION OF PHASE-SHIFTED DIFFRACTION GRATINGS”は、2つの異なる光路を有する2つ以上の部分を備える空間位相変調透明マスクに関し、それらの製造方法が開示されている。この透明マスクは、単一モード動作のための位相シフト分布帰還型(DFB)半導体レーザの製造のための露光マスクとして有用である。前記透明マスクを経て基板を放射線で露光する工程を有する、回折格子またはコルゲーションの作製方法も開示されている。この米国特許明細書の発明によれば、位相シフト回折格子を、高精度かつ高信頼度で容易かつ直接的に作製することができる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】交互エレメント位相シフト・マスク(A1t PSM)は、与えられた光学イメージング装置の解像度を2倍にする可能性を有している。それは、密に配置された構造に対して最も効果的な位相シフト・マスクである。そのイソフォーカス(isofocus)特性が、非常に望まれている。しかし、マスクに変変パッキングが存在する場合、交互位相シフト・マスクはあまり効果的でない。さらに、交互位相シフト・マスクは、分離開口または分離不透明フィーチャに作用しない。減衰位相シフト・マスク(Att PSM)は、任意のマスク・パターンに作用するが、密に配置されたパターンに対するイメージング性能の改善は良くない。

【0016】この発明では、Att PSMは、A1t PSMと組合せられ、その結果、これら両方のPSMの利点を実現することができる。この発明の目的は、A1t PSMとAtt-Utt(減衰-非減衰)結合とを組合せることにある。

【0017】この発明の目的は、開口内の位相が交互にシフトされるAtt PSM背景よりなるPSMを提供することにある。

【0018】この発明の他の目的は、シフトされる減衰背景とシフトされない減衰背景とよりなるPSMを提供することであり、シフトされる減衰背景は、シフトされない開口を囲み、シフトされない減衰背景は、シフトされる開口を囲んでいる。

【0019】この発明のさらに他の目的は、減衰シフト・エレメントよりなる小さいフィーチャが、減衰を軽減

され、最終的な軽減がフィーチャを全体的に非減衰にする、減衰PSMを提供することにある。

【0020】この発明のさらに他の目的は、シフトされる背景およびシフトされない背景よりなるPSMを提供することであり、減衰シフト・エレメントよりなる小さいフィーチャが、減衰を軽減され、最終的な軽減がフィーチャを全体的に非減衰にする。

【0021】

【発明の実施の形態】図1に、組合せ交互(A1t)および減衰-非減衰(Att-Utt)の位相シフト・マスク(A1t-Att-Utt PSM)の平面図を示す。図2は、図1のマスクの側面図を示す。図1および図2において、右下りのハッチングは、減衰エレメントを示し、右上りのハッチングは位相シフト・エレメントを示しており、図1のクロス・ハッチングは、減衰エレメントおよび位相シフト・エレメントが重なった領域を示している。図2において、例えば水晶よりなる基板10は、窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)のような位相シフト物質12の個別の層を有しており、あるいは酸化物またはオキシニトリドのような他の適切な物質を用いることができる。位相シフト12は、技術上周知のように、透過する光に $180^\circ$ の位相シフトを与える。水晶よりなる透明領域14が、位相シフト12上に設けられ、減衰物質16が、領域14の上に設けられる。図1および図2のマスクの減衰領域の大半は、わずかに透明の吸収体であり、開口C, E, G, Jに対する背景Kのような $\pi$ シフト開口である。わずかに透明の $\pi$ シフト吸収体は、図1にH, A, Iで示され、例えばクロムと位相シフト層とから形成されている。分離された小さい不透明フィーチャが必要とされる領域では、図1にBで示される非減衰位相シフトが、Att PSMの代わりに用いられる。

【0022】C, D, E, F, Gにより示されるような密に配置されたパターンが存在する領域では、すべての他のエレメント(DおよびG)が $\pi$ だけシフトされる。シフトされたエレメントは、各々、Attと同じ透過率を有するが、 $3\pi$ のシフトを有するリムによって、囲まれる。リムの形状および寸法は、前記米国特許第5,188,569号明細書に説明されているRim PSMとして知られているマスクに用いられるリムよりも厳密ではない。この構造では、密に配置されたエレメントの各々は、減衰位相シフトによって取り囲まれ、他方、その近接するエレメントに対し $\pi$ シフトされている。図1にHおよびIで示されるラインのようなシフトされるエレメントとシフトされないエレメントとの間の不透明ラインは、プリントされない。というのは、これらラインが、低透過率の背景内に埋込まれているからである。領域HおよびIは、 $3\pi$ シフトされる。これは $\pi$ シフトに等価である。背景Kは、 $4\pi$ シフトされ、これは零位相シフトに等価である。

【0023】この発明のAlt-Att-Utt PSM (AAU PSM) 実施例の製造を、図3、図4、図5、図6、図7を参照して説明する。図4に示すように、水晶基板10と、透明吸収体16と、 $\pi$ 位相シフト層12とからなるマスク・ブランクから製造が開始される。透明吸収体16は、この発明の趣旨を損なうことなく、簡単に $30^\circ$ とみなされる量 $\theta$ だけ、本来的に位相をシフトさせる。すべての $\pi$ 減衰位相シフトの画成よりなる工程に続いて、図5に示すように、水晶基板に $330^\circ$ すなわち $2\pi - \theta$ のエッチングが行われる。工程2

では、第2レベルのフォトリソスト18が設けられて、図6に示すように、工程1で画成されたパターン1に適切に位置決めされて、露光される。この露光レベルは、図7に示される工程3の次のエッチングに対して、 $3\pi$ シフト・リムおよびUtt PSM領域を選択する。図7のマスク構成の平面図を、図3に示す。

【0024】他の製造方法は、互いに高いエッチング選択性を有する2つの位相シフト層を用いている。図8に示すように、一方の層は、 $330^\circ$ すなわち $2\pi - \theta$ だけ位相をシフトし、他方の層は、単に、 $\pi$ 位相シフトである。製造工程は、位相シフト層の選択性がエッチングの均一性を保持するのに役立つことを除いて、図4、図5、図6、図7に示された製造工程と同じである。薄いエッチング停止層を、エッチング選択性を要求する層間に挿入して、エッチング選択性を高めることができる。

【0025】Alt-All-Utt PSMを製造する他の方法は、図14（図4と同じである）の基板から開始する。工程1は、減衰 $\pi$ シフト12、16を画成するが、図15に示すように、水晶基板10はエッチングしない。フォトリソスト層18を用いて、工程2は、工程3での $\pi$ シフトのリフトオフ処理のために、リムおよび非減衰領域を開口し、製造を終了する（図17）。リフトオフ工程は、図9の基板に対しても、用いることができる。

【0026】領域8および9が $150^\circ$ または $210^\circ$ 位相シフトするようにすることによって、処理を簡単にすることができる。これを、図18に示す。Att PSMエレメントは、通常、図19に示すように画成される。次に、第2レベルのレジストの供給および位置決め露光が、図20に示すように、Utt PSM領域と、交互に位相シフトされる領域とを開口する。 $150^\circ$ 位相シフトはエッチングによって完全に除去されても、減衰層により生じる固有の位相シフトは除去されず、したがってこれら交互のシフトされた開口に対し、 $210^\circ$ の減衰位相シフト背景を生じる。等しいラインおよびスペースをウェハ上に生じさせるために、等しくないラインおよびスペースをマスク上に作る通常のバイアシングに加えて、マスクをさらにバイアスして、この構造のわずかな非対称性を補償することができる。

【0027】上述したことは、減衰位相シフト・マスク

の利点と、交互エレメント位相シフト・マスクの利点とを組合せ、また非減衰領域を含む改善された位相シフト・マスクである。

【0028】以上の説明は、この発明の一例であることを理解すべきである。当業者であれば、この発明から逸脱することなく、種々の変形、変更を行うことができる。したがって、この発明は、特許請求の範囲内でのすべての変形、変更を含むものである。

【0029】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

(1) 基板上に設けられた合成パターン物質を有する位相シフト・マスクにおいて、実質的に透明な基板と、前記基板の選択された領域上に設けられた放射線位相シフト物質の個別要素層と、前記基板の選択された領域上に設けられた放射線減衰物質の個別要素層と、前記放射線減衰物質の層の選択された領域上に設けられた放射線位相シフト物質の個別要素層とを備え、前記放射線位相シフト物質の前記個別要素層は、隣り合う零ラジアン位相シフト物質と $\pi$ ラジアン位相シフト物質との分離交互領域に配置される、ことを特徴とする位相シフト・マスク。

(2) 上記(1)に記載される位相シフト領域、無位相シフト領域、減衰領域を有し、前記位相シフト領域および減衰領域は、無位相シフト領域を取り囲み、前記無位相シフト領域および減衰領域は、位相シフト領域を取り囲むことを特徴とする位相シフト・マスク。

(3) 零ラジアン位相シフト要素を有する減衰領域と、 $\pi - \phi$ 位相シフト要素( $\phi$ は約 $30^\circ$ )を有する位相シフト領域とを有することを特徴とする上記(2)に記載の位相シフト・マスク。

(4)  $2\pi - \phi$ 位相シフト要素をさらに有することを特徴とする上記(3)に記載の位相シフト・マスク。

(5)  $3\pi - \phi$ 位相シフト要素をさらに有することを特徴とする上記(3)に記載の位相シフト・マスク。

(6)  $4\pi - \phi$ 位相シフト要素をさらに有することを特徴とする上記(3)に記載の位相シフト・マスク。

(7) 位相シフト・マスクの製造方法において、実質的に透明な基板上に透過吸収物質の層を設ける工程1と、前記吸収物質上に位相シフト物質を設け、合成減衰位相シフト層を与える工程2と、前記合成減衰位相シフト層上にフォトリソストの第1の層を設け、前記フォトリソストをパターンニングし、前記位相シフト物質、前記吸収物質、前記基板物質を画成してエッチングし、前記基板上に、基板物質と吸収物質と位相シフト物質との別個の個別部分のパターンを形成する工程3と、工程3において形成された前記基板および個別部分上にフォトリソストの層を設ける工程4と、前記フォトリソストを露光しエッチングして、位相シフト物質の前記個別部分の選択された領域上にエッチング・マスクを形成する工程5と、位相シフト物質の前記個別部分をエッチングして、

前記位相シフト物質の前記選択された領域を除去する工程6と、を含むことを特徴とする位相シフト・マスクの製造方法。

(8) 前記工程6における前記位相シフト物質をリフトオフにより除去することを特徴とする上記(7)に記載の位相シフト・マスクの製造方法。

【図面の簡単な説明】

【図1】Alt-Att-Utt PSMマスクを形成するために、Alt PSMとAtt-Utt PSMとの組合せを示す図である。

【図2】図1のAlt-Att-Utt PSMの側面を示す図である。

【図3】Alt-Att-Utt PSMの製造の各工程を示す図である。

【図4】Alt-Att-Utt PSMの製造の各工程を示す図である。

【図5】Alt-Att-Utt PSMの製造の各工程を示す図である。

【図6】Alt-Att-Utt PSMの製造の各工程を示す図である。

【図7】Alt-Att-Utt PSMの製造の各工程を示す図である。

【図8】Alt-Att-Utt PSMの他の製造方法の各工程を示す図である。

【図9】Alt-Att-Utt PSMの他の製造方法の各工程を示す図である。

【図10】Alt-Att-Utt PSMの他の製造方法の各工程を示す図である。

【図11】Alt-Att-Utt PSMの他の製造

方法の各工程を示す図である。

【図12】Alt-Att-Utt PSMの他の製造方法の各工程を示す図である。

【図13】Alt-Att-Utt PSMのさらに他の製造方法の各工程を示す図である。

【図14】Alt-Att-Utt PSMのさらに他の製造方法の各工程を示す図である。

【図15】Alt-Att-Utt PSMのさらに他の製造方法の各工程を示す図である。

10 【図16】Alt-Att-Utt PSMのさらに他の製造方法の各工程を示す図である。

【図17】Alt-Att-Utt PSMのさらに他の製造方法の各工程を示す図である。

【図18】Alt-Att-Utt PSMの簡略化した製造方法の各工程を示す図である。

【図19】Alt-Att-Utt PSMの簡略化した製造方法の各工程を示す図である。

【図20】Alt-Att-Utt PSMの簡略化した製造方法の各工程を示す図である。

20 【図21】Alt-Att-Utt PSMの簡略化した製造方法の各工程を示す図である。

【図22】Alt-Att-Utt PSMの簡略化した製造方法の各工程を示す図である。

【符号の説明】

10 基板

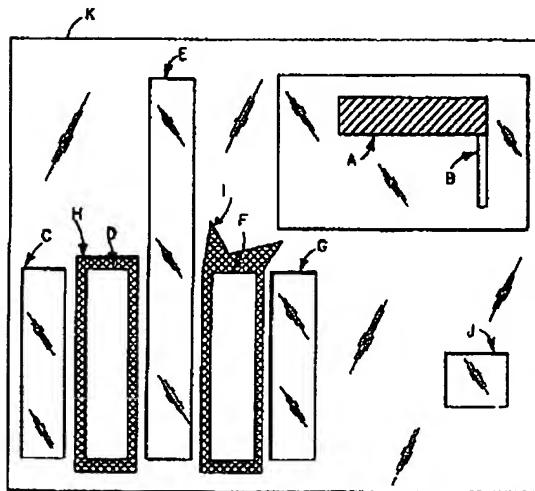
12 位相シフト

14 透明物質

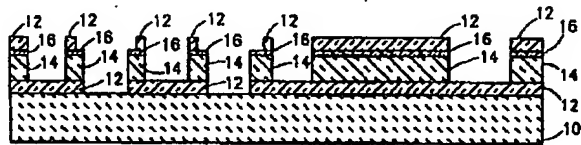
16 減衰物質

18 フォトレジスト

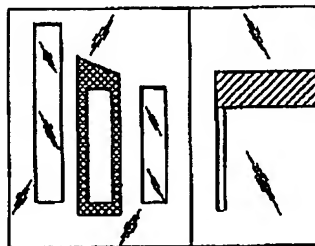
【図1】



【図2】



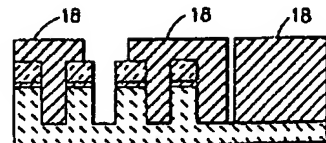
【図3】



【図5】

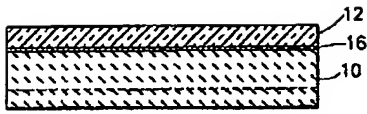


【図6】

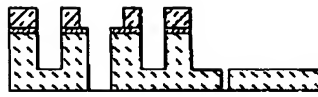




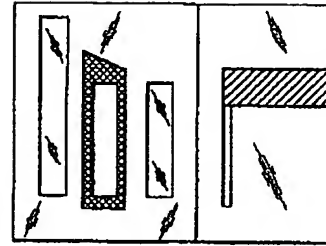
【図4】



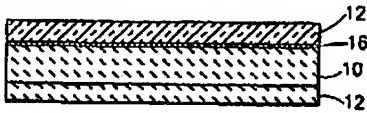
【図7】



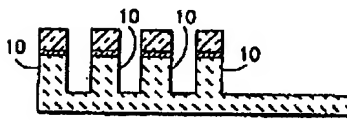
【図8】



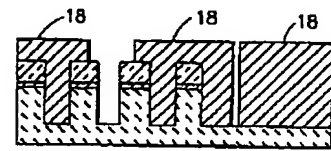
【図9】



【図10】



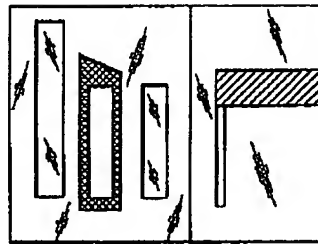
【図11】



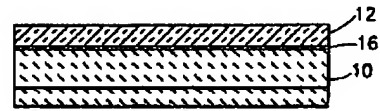
【図12】



【図13】



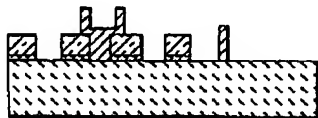
【図14】



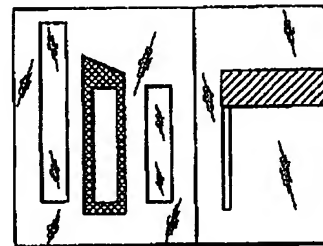
【図15】



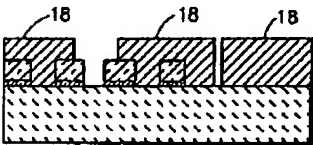
【図17】



【図18】



【図16】



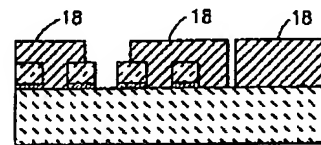
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

